巴氏杀菌β-内酰胺类抗奶对犊牛生长和胃肠道发育的影响

辛小月　曲永利*　袁　雪　高　岩　王　璐　殷术鑫　张　帅

（黑龙江八一农垦大学动物科技学院，大庆 163319）

摘　要：本试验旨在研究饲喂巴氏杀菌β-内酰胺类抗奶对犊牛生长和胃肠道发育的影响。选用 18 头 3 日龄、体重相近的健康荷斯坦公犊，随机分为 2 组，对照组犊牛饲喂β-内酰胺类抗奶，试验组犊牛饲喂巴氏杀菌β−内酰胺类抗奶。试验抗奶巴氏杀菌的条件为：63～65 ℃加热 30 min，犊牛 60 日龄断奶，试验期为 180 d。结果表明：1）与β-内酰胺类抗奶相比，巴氏杀菌β-内酰胺类抗奶中总细菌、大肠杆菌和沙门氏菌数量均极显著降低（$P<0.01$）；2）与对照组相比，试验组犊牛在 3～60 日龄期间的平均日增重（ADG）显著提高($P<0.05$)，且试验组犊牛在 3～10 日龄和 3～60 日龄期间的粪便评分和腹泻率显著降低($P<0.05$)；3）试验组和对照组犊牛在 60、90 和 180 日龄时的瘤胃背囊和腹囊乳头高度、乳头宽度和黏膜厚度组间差异均不显著（$P>0.05$）；与对照组相比，试验组犊牛在 60 日龄时的十二指肠绒毛高度和绒毛高度/隐窝深度显著提高（$P<0.05$），90 日龄时的十二指肠隐窝深度显著降低（$P<0.05$），90 日龄时的空肠绒毛宽度显著提高（$P<0.05$），60、90 和 180 日龄时的空肠隐窝深度显著降低($P<0.05$)，90 和 180 日龄时的空肠绒毛高度/隐窝深度显著提高($P<0.05$)，而各测定时间点的回肠组织形态组间差异均不显著（$P>0.05$）。由此可见，饲喂巴氏杀菌β−内酰胺类抗奶提高了犊牛哺乳期的生长发育，且在一定程度上能够促进犊牛的胃肠道发育，主要体现在促进小肠形态学的发育。

关键词：犊牛；抗奶；巴氏杀菌；生长；胃肠道发育

中图分类号：S832　　　　文献标识码：　　　　文章编号：

收稿日期：2018-04-07

基金项目：黑龙江省自然基金“β-内酰胺类有抗奶对犊牛瘤胃菌群结构、耐药基因影响机制”（C2017044）；垦区奶牛提质增效关键技术研究与示范（HNK135-04-02）

作者简介：辛小月（1993—），女，内蒙古通辽人，硕士研究生，从事反刍动物营养研究。E-mail: 1299245520@qq.com

*通信作者：曲永利，教授，博士生导师，E-mail: Ylqu007@126.com

奶牛生产中β-内酰胺类抗生素如青霉素等[1]是最常用的一类疾病治疗的药物。在用药期间以及停药期奶牛所产奶中会含有这些抗生素。含有抗生素、高体细胞数的牛奶统称为抗奶，国外也称之为废奶。在德国每年产生的废奶量占总产奶量的 1%~4%[2]，这些奶足够饲喂给所有牛场的犊牛。抗奶作为不计成本的饲料，饲养者们选择将其饲喂给犊牛来降低饲养成本。对于抗奶的利用方式，根据作者所在研究小组 2016 年对黑龙江省 300 多个牛场调查结果显示，约 95%的牛场使用抗奶饲喂犊牛，而且其中 66%的牛场不对抗奶进行相关处理。然而牛奶质量对犊牛的生长发育和机体健康起着重要的作用，所以有必要对抗奶对犊牛生长发育的影响进行研究。按多数国家的标准定义，巴氏杀菌工艺是指“生牛奶中天然存在的碱性磷酸酶活性被钝化，而乳过氧化氢酶活性依然得以保留的一大类热处理工艺”，其目的在于杀灭牛乳中致病菌的同时最大限度地保存营养物质和纯正口感[3]。刘根涛等[4]通过饲喂巴氏杀菌初乳研究其对犊牛生长性能及胃肠道发育的影响，结果显示，巴氏杀菌初乳显著降低复胃重与活体重的比值，且能够在一定程度上提高犊牛平均日增重，促进犊牛生长发育，降低腹泻率。目前，关于巴氏杀菌抗奶在幼龄反刍动物中的应用研究报道较少，特别是关于它对犊牛生长和胃肠道发育影响的研究更为少见。因此，本试验旨在研究饲喂巴氏杀菌β-内酰胺类抗奶对犊牛生长发育和小肠发育的影响，为国内奶牛场抗奶的科学有效利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物与设计

选用 3 日龄、体重为（42.82±0.35） kg 的健康荷斯坦公犊 18 头，随机分为对照组和试验组，每组 9 头。对照组饲喂β-内酰胺类抗奶，试验组饲喂巴氏杀菌β-内酰胺类抗奶，2 种奶的饲喂温度均控制在 37～39 ℃，60 日龄断奶，试验期为 180 d。

1.2 试验饲粮

试验饲喂犊牛的奶来源于使用β-内酰胺类抗生素（头孢噻呋钠）处于治疗期和停药期的泌乳奶牛。试验抗奶巴氏杀菌的条件为：63～65 ℃下加热 30 min。试验饲粮由颗粒料（开

食料）和优质羊草组成，饲粮配方均采用 CPM 软件优化形成，试验饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1　试验饲粮组成及营养水平（干物质基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of the experimental diet (DM basis)　　%

原料 Ingredient	含量 Content	营养水平 Nutrient levels[2)]	含量 Content
玉米 Corn	30.60	干物质 DM	90.13
麦麸 Wheat bran	5.40	产奶净能 NE_L/(MJ/kg)	7.19
乳清粉 Whey powder	3.00	粗蛋白质 CP	15.38
豆粕 Soybean meal	8.10	粗脂肪 EE	3.11
花生粕 Peanut meal	9.30	粗灰分 Ash	10.84
石粉 Limestone	1.80	钙 Ca	1.85
赖氨酸 Lys	0.90	磷 P	0.67
蛋氨酸 Met	0.30		
预混料 Premix[1)]	1.00		
羊草 Chinese wildrye	39.60		
合计 Total	100.00		

[1)] 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet：VA 18 000 IU，VD_3 5 000 IU，VE 50 mg，Fe 80 mg，Cu 12 mg，Zn 80 mg，Mn 50 mg，I 1 mg，Se 0.4 mg，Co 0.4 mg。

[2)] 产奶净能[5]为计算值，其余营养水平为实测值。NE_L was a calculated value, while the other nutrient levels were measured values.

1.3　饲养管理

试验犊牛出生 0.5 h 内饲喂初乳 4 kg/头。试验期间抗奶和巴氏杀菌抗奶的饲喂量 3～7 日龄每日饲喂 3 次，5 kg/d；8～20 日龄每日 3 次，5.5 kg/d；21～40 日龄每日 2 次，4 kg/d；

41～50 日龄每日 2 次，3 kg/d；51～60 日龄每日 1 次，1 kg/d。各组犊牛 8 日龄时开始添加优质羊草和颗粒料（开食料），每头添加量为 0.3 kg/d，断奶时添加量为 1.0 kg/d。每天提供充足的饮水。犊牛培育舍每天进行清理，并定时进行消毒，以确保为犊牛提供干净的卫生条件。

1.4　样品采集与测定方法

1.4.1　奶样相关指标

每 10 d 采集 1 次奶样，每天采集 3 次（早、中和晚），将采取的奶样按 4:3:3 混合。取混合后奶样 50 mL 于加入 5%重铬酸钾防腐剂的测定管中，4 ℃保存，用于乳成分测定。同样取混合后奶样 50 mL 于无菌瓶中，4 ℃保存，用于收集后 2 h 内总细菌、大肠杆菌和沙门氏菌数量的测定。

奶中乳成分测定：采用 Foss Milkoscan 133B 乳成分分析仪（Foss Electric,丹麦）测定。

奶中体细胞数量测定：采用 Foss （r） Bentley Somacount CC-5000 体细胞测定仪（Foss Electric,丹麦）测定。

抗生素含量测定：采用液相色谱-串联质谱法（LC-MS/MS Agilent Technologies，美国）测定。

总细菌、大肠杆菌和沙门氏菌数量测定：将奶样以 1:10 的比例梯度稀释到 10^{-7}，每个梯度各取 1 mL 加入无菌培养基中，奶中的总细菌用平板琼脂计数培养基（PCA）在 37 ℃、5% CO_2 培养箱中培养 48 h，大肠杆菌用结晶紫中性红胆盐琼脂（VRBA）培养基在 37 ℃、5% CO_2 培养箱中培养 24 h，沙门氏菌用 SS 培养基在 37 ℃、5% CO_2 培养箱中培养 24 h，计数。

1.4.2　生长发育指标

分别于犊牛 30、60、90、180 日龄晨饲前测定犊牛的体重和体尺指标，并计算犊牛各阶段的平均日增重。

1.4.3　粪便评分及腹泻率

犊牛60日龄以前，每天观察每头犊牛的排粪状况并进行评分，粪便外形正常，稳固但不坚硬，掉在地面或沉积后外形稍有变化，记为1分；外形松软成堆，但难以保持，记为2分；软膏或薄饼状，极易扩散，记为3分；呈水状，固液分离，记为4分[6]。3分及以上的视为发生腹泻，统计完成后进行腹泻率的计算[7]。腹泻率的计算公式如下：

腹泻率（%）=Σ[(腹泻犊牛头数×犊牛腹泻天数)/(重复组犊牛头数×记录天数)]×100。

1.4.4 胃肠道发育指标

在60、90和180日龄时分别从试验组和对照组选取3头犊牛，晨起空腹颈动脉放血处死。在屠宰后沿腹中线部位剖开腹腔，在不破坏消化道的情况下，将胃肠道置于托盘中。

垂直切取大小为1.5 cm×1.5 cm瘤胃背囊和腹囊，同时分别取十二指肠近端（5 cm处）空肠前、中、后段，回肠中段各2~3 cm，用生理盐水冲洗干净并吸去多余的水分，放入到10%中性甲醛中固定，将组织尽可能保持原有的形态结构，留做组织切片，用以做胃肠道形态学的观察。

瘤胃及肠道固定样经苏木精-伊红（HE）染色后，对其组织形态进行观察。每头犊牛的每个部位选取5张切片用ML-50显微图像采集分析系统进行观察并拍照。每张片子选取10个完整的视野（瘤胃乳头完整，走向平直，肠绒毛完整），用目镜（40×）测微尺观察测量每个视野中瘤胃乳头最长最宽处的乳头高度及乳头宽度。测量每个视野中肠绒毛最长最宽处的绒毛高度、绒毛宽度及隐窝深度，并计算绒毛高度/隐窝深度（V/C）。

1.5 统计分析

整理后的数据，采用SAS 9.2统计软件中的GLM过程对数据进行单因素分析，试验数据用“平均值±标准误”表示，以 P<0.05表示差异显著，P<0.01表示差异极显著。

2 结 果

2.1 β-内酰胺类抗奶和巴氏杀菌β-内酰胺类抗奶的成分

由表 2 可知，巴氏杀菌β-内酰胺类抗奶中总细菌、大肠杆菌和沙门氏菌数量较β-内酰胺类抗奶均极显著降低（P＜0.01），但乳糖率、乳蛋白率、乳脂率、乳总固形物率、尿素氮含量和体细胞数量均无显著差异（P＞0.05）。

表 2　β-内酰胺类抗奶和巴氏杀菌β-内酰胺类抗奶的成分

Table 2　Composition of antibiotic milk with β-lactam and pasteurized antibiotic milk with β-lactam

项目 Items	β-内酰胺类抗奶 Antibiotic milk with β-lactam	巴氏杀菌β-内酰胺类抗奶 Pasteurized antibiotic milk with β-lactam
乳糖率 Lactose percentage/%	4.85±0.36	4.78±0.06
乳蛋白率 Milk protein percentage/%	3.42±0.13	3.34±0.08
乳脂率 Milk fat percentage/%	3.57±0.37	3.43±0.48
乳总固形物率 Milk total solids percentage/%	13.21±1.08	13.01±0.69
尿素氮 UN/(mg/dL)	20.40±0.64	19.41±1.54
体细胞数量 SCC/(10^3 个/mL)	1 244.17±47.27	1 137.17±59.02
抗生素 Antibiotics/(μg/L)	268.58±13.46	268.53±13.40
总细菌数量 Total bacterial counts/(×10^3 CFU/mL)	8 922±532^A	36±6^B
大肠杆菌数量 *E. coli* counts/(CFU/mL)	53 200±159^A	134±20^B
沙门氏菌数量 *Salmonella* counts/(CFU/mL)	243±110^A	12±3^B

同行数据肩标相同字母或无字母表示差异不显著（P＞0.05），不同小写字母的表示差异显著（P＜0.05），不同大写字母的表示差异极显著（P＜0.01）。表 3、表 5 同。

In the same row, values with the same or no letter superscripts mean no significant difference （P＞0.05）, while with different small letter superscripts mean significant difference （P＜0.05）, and with different capital letter superscripts mean extremely significant difference （P＜0.01）. The same as Table 3 and Table 5.

2.2　巴氏杀菌β-内酰胺类抗奶对犊牛生长的影响

由表 3 可知，试验组犊牛在 3～60 日龄期间的平均日增重显著高于对照组（P<0.05），2 组间犊牛 60～180 日龄和 3～180 日龄期间的平均日增重及 30、60、90 和 180 日龄的体重差异均不显著（P>0.05），但试验组均略高于对照组。

表 3　巴氏杀菌β-内酰胺类抗奶对犊牛体重的影响

Table 3　Effects of pasteurized antibiotic milk with β-lactam on body weight of calves　　kg

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Experimental group
体重 BW		
30 日龄 30 days of age	55.93±0.88	57.45±1.04
60 日龄 60 days of age	78.34±3.29	81.72±3.05
90 日龄 90 days of age	93.65±3.02	95.53±5.06
180 日龄 180 days of age	185.93±3.32	189.83±3.53
平均日增重 ADG		
3～60 日龄 3 to 60 days of age	0.59±0.04[b]	0.68±0.02[a]
61～180 日龄 61 to 180 days of age	0.87±0.01	0.91±0.04
3～180 日龄 3 to 180 days of age	0.80±0.02	0.83±0.02

由表 4 可知，与对照组相比，试验组犊牛 60 日龄体高及 90 和 180 日龄胸围均显著提高（P<0.05）；其他各时间点试验组犊牛的体斜长、体直长、管围、腿围和胸深均无显著性差异（P>0.05）。

表 4 巴氏杀菌β-内酰胺类抗奶对犊牛体尺的影响

Table 4 Effects of pasteurized antimicrobial milk with β-lactamon on body measurement of calves cm

项目 Items	30 日龄 30 days of age		60 日龄 60 days of age		90 日龄 90 days of age		180 日龄 180 days of age	
	对照组 Control group	试验组 Experimental group	对照组 Control group	试验组 Experimental group	对照组 Control group	试验组 Experimental group	对照组 Control group	试验组 Experimental group
体高 Body height	78.18±0.66	79.87±0.79	82.28±1.59[b]	86.95±1.17[a]	91.53±1.43	93.03±0.87	100.83±2.17	103.43±2.07
体斜长 Body oblique length	83.17±1.24	81.75±0.87	90.77±0.9	88.08±2.98	95.18±2.78	95.53±1.04	108.10±2.54	106.83±3.47
体直长 Body straight length	73.93±0.87	75.00±0.77	82.27±0.75	81.08±2.31	88.28±2.61	88.78±1.28	99.47±2.28	98.77±2.55
胸围 Heart girth	88.18±0.62	88.80±0.54	96.02±2.79	100.18±1.17	101.43±1.31[b]	105.08±0.81[a]	130.13±3.58[b]	135.33±3.84[a]
管围 Cannon bone circumference	13.00±0.14	13.17±0.16	13.83±0.46	13.60±0.27	14.48±0.41	14.55±0.38	15.43±0.34	15.53±0.14
腿围 Legs circumference	25.40±0.23	24.98±0.35	26.75±0.42	27.60±0.59	28.65±0.85	29.90±0.41	31.50±1.59	31.43±1.76
胸深 Chest depth	38.18±0.29	37.98±0.52	40.87±1.22	42.12±0.93	45.33±0.63	45.55±1.01	48.90±0.40	49.50±0.29

相同时间点、同行数据肩标相同字母或无字母表示差异不显著（P＞0.05），不同小写字母的表示差异显著（*P*＜0.05）。表 6 同。

In the same row, values at the same time point with the same or no letter superscripts mean no significant difference （*P*＞0.05）, while with different small letter superscripts mean significant difference （*P*＜0.05）. The same as Table 6.

2.3　巴氏杀菌β-内酰胺类抗奶对犊牛粪便评分及腹泻率的影响

由表 5 可知，与对照组相比，试验组犊牛在 3～10 日龄和 3～60 日龄期间的粪便评分和腹泻率显著降低（*P*＜0.05），而 11～30 日龄和 31～60 日龄期间的粪便评分和腹泻率均无显著性差异（*P*＞0.05）。随着日龄的增长，试验组和对照组犊牛的粪便评分逐渐减小，腹泻的发生概率也有所降低。

表 5　巴氏杀菌β-内酰胺类抗奶对犊牛粪便评分及腹泻率的影响

Table 5　Effects of pasteurized antimicrobial milk with β-lactam on fecal score and diarrhea rate of calves

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Experimental group
粪便评分 Fecal score		
3～10 日龄 3 to 10 days of age	2.24±0.03[a]	2.12±0.04[b]
11～30 日龄 11 to 30 days of age	2.21±0.07	2.09±0.03
31～60 日龄 30 to 60 days of age	2.15±0.03	2.06±0.01
3～60 日龄 3 to 60 days of age	2.19±0.03[a]	2.08±0.02[b]
腹泻率 Diarrhea rate/%		
3～10 日龄 3 to 10 days of age	20.00±2.18[a]	11.14±2.60[b]
11～30 日龄 11 to 30 days of age	17.14±2.98	10.57±2.40

31～60 日龄 30 to 60 days of age	14.43±3.55	8.67±1.03
3～60 日龄 3 to 60 days of age	16.14±2.72[a]	9.83±1.63[b]

2.4 巴氏杀菌β-内酰胺类抗奶对犊牛瘤胃和小肠形态发育的影响

由表 6 可知，试验组和对照组犊牛在 60、90 和 180 日龄时的瘤胃背囊和腹囊的乳头高度、乳头宽度和黏膜厚度均无显著性差异（P＞0.05）。对于十二指肠，试验组犊牛 60 日龄时的绒毛高度显著高于对照组（P＜0.05），对照组犊牛在 90 日龄时的隐窝深度显著高

于试验组（$P<0.05$），试验组犊牛 60 日龄时的 V/C 显著高于对照组（$P<0.05$）；2 组间其他各时间点的十二指肠绒毛宽度、黏膜厚度和肌层厚度均无显著性差异（$P>0.05$）。对于空肠，与对照组相比，试验组 90 日龄时的绒毛宽度显著提高（$P<0.05$），60、90 和 180 日龄时的隐窝深度显著降低（$P<0.05$），90 和 180 日龄时的 V/C 显著提高（$P<0.05$）；而犊牛在 60、90 和 180 日龄时的绒毛高度、黏膜厚度和肌层厚度均无显著性差异（$P>0.05$）。试验组和对照组犊牛回肠的各指标在 60、90 和 180 日龄时均无显著性差异（$P>0.05$）。

表 6　巴氏杀菌β-内酰胺类抗奶对犊牛瘤胃和小肠形态发育的影响

Table 6　Effects of pasteurized antimicrobial milk with β-lactam on rumen and intestinal morphological development of calves　μm

组织 Tissues	项目 Items	60 日龄 60 days of age		90 日龄 90 days of age		180 日龄 180 days of age	
		对照组 Control group	试验组 Experimental group	对照组 Control group	试验组 Experimental group	对照组 Control group	试验组 Experimental group
瘤胃背囊 Dorsal sac of the rumen	乳头高度 Papilla height	408.00±26.93	417.50±22.77	733.13±46.99	665.13±43.32	2 234.75±37.34	2 236.13±52.53
	乳头宽度 Papilla width	125.13±5.19	128.38±16.03	191.75±13.77	173.25±9.45	261.25±19.89	244.37±16.34
	黏膜厚度 Mucosal thickness	292.75±28.88	252.50±18.47	371.88±60.39	313.63±34.82	420.13±21.99	453.50±25.83
瘤胃腹囊 Ventral sac of the rumen	乳头高度 Papilla height	478.50±10.77	505.50±20.17	916.87±24.54	944.13±25.63	2 602.87±33.64	2 770.62±57.38
	乳头宽度 Papilla width	138.25±10.93	130.38±14.61	202.62±4.53	191.88±3.94	270.50±18.79	265.00±23.10
	黏膜厚度 Mucosal thickness	353.37±22.06	334.75±22.16	410.00±36.41	428.00±38.58	476.00±22.26	446.75±27.38

	绒毛高度 Villous height	330.87±6.88[b]	345.75±19.13[a]	515.63±35.95	502.13±44.67	681.38±27.97	695.13±28.68
	绒毛宽度 Villous width	30.50±5.08	32.13±6.33	38.88±3.40	40.63±5.41	53.88±5.25	50.37±3.93
十二指肠	隐窝深度 Crypt depth	91.38±7.47	90.25±14.07	118.88±10.32[a]	92.75±8.14[b]	170.25±3.89	161.13±6.68
Duodenum	绒毛高度/隐窝深度 V/C	3.78±0.28[b]	4.79±0.61[a]	4.60±0.59	5.53±0.41	4.02±0.22	4.40±0.33
	黏膜厚度 Mucosal thickness	477.00±10.58	448.50±6.95	637.00±27.92	587.50±18.23	848.75±22.81	866.87±20.72
	绒毛高度 Villous height	267.37±9.83	251.75±9.69	293.50±11.28	291.25±14.42	327.25±10.68	411.00±16.50
空肠	绒毛宽度 Villous width	25.87±2.93	26.25±1.78	27.25±1.34[b]	34.00±1.52[a]	32.63±3.01	37.37±2.52
Jejunum	隐窝深度 Crypt depth	83.62±2.41[a]	74.50±3.06[b]	103.13±4.13[a]	86.25±3.65[b]	112.00±4.76[a]	99.50±3.37[b]
	绒毛高度/隐窝深度 V/C	3.22±0.17	3.42±0.18	2.88±0.18[b]	3.40±0.20[a]	2.92±0.14[b]	4.13±0.26[a]
	黏膜厚度 Mucosal thickness	410.00±17.68	399.87±21.87	479.00±10.33	494.38±13.62	601.00±25.07	625.87±18.93

	绒毛高度 Villous height	241.37±11.13	242.28±11.29	336.75±11.40	351.63±16.45	459.87±22.68	475.00±22.25
回肠	绒毛宽度 Villous width	28.62±1.48	26.12±0.87	31.12±1.45	33.75±1.44	32.62±2.08	35.25±2.22
Ileum	隐窝深度 Crypt depth	82.37±4.38	81.50±2.24	88.63±3.95	83.87±2.29	93.25±2.63	92.50±4.48
	绒毛高度/隐窝深度 V/C	2.97±0.17	2.95±0.12	3.85±0.20	4.21±0.21	4.95±0.24	5.15±0.11
	黏膜厚度 Mucosal thickness	480.75±10.82	461.88±11.43	531.75±16.04	523.00±21.11	600.37±26.66	607.37±37.04

3 讨 论

3.1 β-内酰胺类抗奶和巴氏杀菌β-内酰胺类抗奶的成分比较

β-内酰胺类药物因其广谱低廉、使用方便及毒性低被用作奶牛临床型和亚临床型乳房炎及子宫内膜炎的首选药物。本试验中，2 种奶中的抗生素含量无显著差异，说明巴氏杀菌未对奶中抗生素含量造成影响，与 Jorgensen 等[8]的研究结果相一致。本试验中巴氏杀菌β-内酰胺类抗奶中的乳脂率、乳蛋白率均达到了国际标准。虽然像乳蛋白等乳成分经巴氏杀菌后有一定程度损失，但这 2 种奶之间并未表现出显著差异，这与臧长江等[9]的研究结果一致。乳糖受巴氏杀菌的影响较小，其含量相对稳定并可小范围变化，这与本试验的结果相同[10]。朱正鹏等[11]研究表明，牛奶中的乳脂和乳糖等乳成分与牛奶中体细胞数量呈负相关。然而，本试验中并未表现出这种负相关性。奶中体细胞数量是评价奶牛健康的重要指标。当奶牛乳房受细菌侵染或是由挤奶机造成机械性损伤时，血液会分泌大量的白细胞来抵抗外来的感染并修复损伤组织，此时大量增幅的白细胞也会伴随牛奶排出体外。因此，奶牛乳房发生炎症，

牛奶中的体细胞数量会迅速升高，甚至乳成分会随之发生变化。本试验中的β-内酰胺类抗奶和巴氏杀菌β-内酰胺类抗奶的体细胞数量没有显著差异，且均超过 1×10^6 个/mL，这符合泌乳奶牛所处的病理状态，也说明巴氏杀菌对奶中体细胞数量没有影响。奶牛临床型及亚临床型乳房炎多数是由细菌感染引起的[12]。细菌在感染乳腺组织时能够吸附在上皮细胞上，从而引发局部免疫反应，其特征为红肿、发炎和产奶量下降[13]。总细菌数量是牛奶中总微生物污染的指标，也是反映奶品质量的重要指标。总细菌数量越高说明奶牛健康状况越差，牛奶的品质越差。本试验中，β-内酰胺类抗奶经巴氏杀菌后，总细菌、大肠杆菌及沙门氏菌数量均极显著降低，这与李龙柱等[14]的研究结果相符。根据 Jorgensen 等[15]的研究结果，巴氏杀菌可显著降低大肠杆菌和沙门氏菌数量。本研究的结果也清楚地表明这一点，说明巴氏杀菌能够有效地杀灭致病菌，降低通过牛奶传播给犊牛疾病的风险，从而提高了奶的质量。

3.2　巴氏杀菌β−内酰胺类抗奶对犊牛生长的影响

体重是反映犊牛生长状况的一个重要指标。Aust 等[16]研究结果表明，犊牛饲喂废弃奶后，没有对犊牛的生长造成影响。有研究表明，饲喂巴氏杀菌抗奶的犊牛在断奶前后的体重均高于饲喂未经巴氏杀菌抗奶的犊牛。本试验中，试验组犊牛在 3～60 日龄期间的平均日增重显著高于对照组，这与宋健等[17]研究结果相似，说明饲喂巴氏杀菌β-内酰胺类抗奶可在一定程度上促进犊牛的生长。这可能是由于巴氏杀菌使牛奶中总细菌及有害菌数量大量减少，降低了犊牛的潜在发病率，使犊牛处于健康生长状态。本试验中，各时间点时犊牛的体重及 60～180 日龄和 3～180 日龄期间的平均日增重差异均不显著，表明饲喂巴氏杀菌β-内酰胺类抗奶主要影响了犊牛哺乳期的增重，或者说饲喂巴氏杀菌β-内酰胺类抗奶可潜在提高犊牛的生长。

体尺是衡量犊牛生长发育的重要指标，可反映犊牛的骨骼发育情况和饲养管理水平[18-19]。Hill 等[20]给出了部分荷斯坦犊牛的体尺数据：体高 86.4~93.1 cm，体斜长 82.3~91.0 cm。本试验中犊牛 60 日龄体高和体斜长基本处于其给定的范围内，说明 2 组犊牛均属于正常发育。另外，本试验中试验组犊牛 60 日龄的体高及 90 和 180 日龄的胸围显著高于对照组，这可能与试验组犊牛各时间点的体重和各时间段平均日增重均高于对照组有关。因此，综合体重、体尺来看，饲喂巴氏杀菌β-内酰胺类抗奶对犊牛的生长有所促进。

3.3　巴氏杀菌β-内酰胺类抗奶对犊牛粪便评分及腹泻率的影响

犊牛腹泻是犊牛常见疾病之一，临床症状为腹泻、体温升高、精神不振、迅速消瘦等，严重的可导致犊牛死亡。犊牛腹泻的原因大体分为营养性腹泻和传染性腹泻。生鲜乳中大肠杆菌和沙门氏菌等微生物数量超标是引起犊牛腹泻的主要原因，因此，生鲜乳是引起犊牛疾病潜在传染源。有研究表明，巴氏杀菌能够显著降低牛奶中微生物的数量和种类，降低犊牛患病风险，从而可减小牛奶中病原体对犊牛健康造成的影响[21-22]。Sandra 等[23]通过研究巴氏杀菌抗奶和代乳品对犊牛生长的结果发现，巴氏杀菌抗奶在提高犊牛生长的同时，可显著降低犊牛的发病率和和死亡率。宋健等[17]和杨盛等[24]研究发现，饲喂巴氏杀菌牛奶能够改善犊牛的健康状况，使犊牛腹泻发病率降低。本试验中试验组犊牛在 3~10 日龄和 3~60 日龄期间的粪便评分和腹泻率均显著低于对照组，而在 11~30 日龄和 31~60 日龄期间 2 组犊牛粪便评分和腹泻率并无显著差异，但试验组犊牛仍降低了 6.57%和 5.76%。说明巴氏杀菌可消除抗奶中微生物给犊牛健康带来的部分风险，这或许是 2 组犊牛日增重存在一定差异的原因；但腹泻率下降的有限，原因可能是巴氏杀菌抗奶随着保存时间的延长，蛋白质、乳脂肪品质降低，微生物数量增加，导致巴氏杀菌抗奶二次污染[25]。随着犊牛日龄的增加其腹泻率也有所下降，这与董晓丽[26]的研究结果一致。可能是因为随着日龄增加，其消化器官和免疫机能也逐渐发育成熟[27]，其次犊牛采食的颗粒料特殊的加工工艺通过制粒的高温处理，可杀灭病原微生物[28]，从而减少了腹泻的发生。因此，总体看饲喂巴氏杀菌β-内酰胺类抗奶可促进犊牛的生长且更有利于维持犊牛健康状态。

3.4 巴氏杀菌β-内酰胺类抗奶对犊牛胃肠道发育的影响

瘤胃功能的完善与否直接关系到动物机体的生长性能。大量研究结果表明，挥发性脂肪酸是刺激瘤胃发育以及功能建立与完善的重要物质[29-30]。评价瘤胃发育情况的指标通常是瘤胃乳头高度、乳头宽度和瘤胃壁厚度[31-32]。上述指标受饲粮供给情况的影响。周怿等[33]通过在犊牛的饲粮中添加β-葡聚糖的研究发现，其瘤胃乳头高度和宽度得到显著增加；李辉[34]研究不同粗蛋白质水平饲粮对犊牛瘤胃发育影响时发现，相对于 18%和 26%的粗蛋白质水

平来说，22%粗蛋白质水平的代乳粉能促进瘤胃乳头发育；李玉[35]研究结果显示，代乳粉中植物蛋白质水平的提高能够刺激瘤胃上皮乳头的生长；Evans 等[36]研究发现，在进入瘤胃内的饲粮中，漂浮在上方的大颗粒饲粮能够刺激瘤胃背囊上皮细胞的快速发育。本试验中，试验组犊牛和对照组犊牛在 60、90 和 180 日龄时的瘤胃背囊和腹囊的乳头高度、乳头宽度以及黏膜厚度差异均不显著，说明这 2 种奶对犊牛瘤胃形态学发育没有太大的影响。这可能是犊牛的生理结构食管沟的作用使得牛奶直接进入真胃，所以，牛奶对犊牛瘤胃发育没有显著的作用。根据上述报道或近些年的报道，精、粗饲粮、固体饲粮的类型以及犊牛的采食习惯是影响犊牛瘤胃发育的主要因素，而本试验中 2 组犊牛采食相同的颗粒料和羊草，再加之犊牛的饲养管理相同，所以，这可能是 2 组犊牛瘤胃形态学发育并未表现出差异的原因。

幼龄反刍动物其瘤胃尚未发育完全，小肠是营养物质消化吸收的主要部位，小肠形态结构发育的正常与否直接关系到犊牛的消化吸收功能。肠道的消化吸收能力与其绒毛高度、隐窝深度及黏膜厚度均呈正相关[37]。小肠绒毛的高度与其肠黏膜上皮细胞数量呈显著相关，绒毛越长，对养分的吸收能力越强[38]。隐窝深度反映了隐窝细胞的增殖率和成熟度[39]。也有研究证明，V/C 是更能综合反映小肠功能状况的指标[40]。黏膜结构相应的改善，能够增强动物的消化吸收功能，降低其腹泻率，加快动物的生长发育；但随着 V/C 的下降，肠道黏膜受损，进而消化吸收功能降低，影响动物的生长发育[41-42]。健康的幼龄动物 V/C 在 3～4 时，小肠才具有较强的吸收能力[43]。本研究中 2 组犊牛各肠道 V/C 在 2.88～5.53，基本处于正常的范围内，这说明 2 组犊牛均能对饲粮中的营养物质进行有效的消化吸收。但是在本试验中饲喂巴氏杀菌抗奶显著增加了 60 日龄犊牛十二指肠的绒毛高度，显著降低了 90 日龄时十二指肠隐窝深度，显著增加了 60 日龄时十二指肠 V/C。另外，试验组犊牛空肠绒毛宽度在 90 日龄时显著高于对照组，V/C 在 60、90 和 180 日龄也均显著高于对照组。从小肠形态学角度可说明饲喂巴氏杀菌抗奶更有利于十二指肠和空肠的组织形态学发育，这可能与犊牛的腹泻率存在着相关性，因为从整体看本试验中饲喂巴氏杀菌抗奶的犊牛腹泻率较低，所以这可

能是导致犊牛十二指肠和小肠形态学发育出现差异的原因，这符合上述前人的报道。然而，饲喂巴氏杀菌抗奶对各测定时间点犊牛回肠的各测定指标均无显著影响，说明饲喂巴氏杀菌抗奶主要影响十二指肠和空肠的发育，而对回肠的发育影响较小。

4 结 论

① 饲喂巴氏杀菌β-内酰胺类抗奶能够在一定程度上降低犊牛腹泻的发生率，保持犊牛的肠道健康，有利于犊牛的生长。

②从胃肠形态学角度看，饲喂巴氏杀菌β-内酰胺类抗奶的犊牛十二指肠的绒毛高度、V/C 及空肠的 V/C 较饲喂β-内酰胺类抗奶的犊牛显著提高，因此饲喂巴氏杀菌β-内酰胺类抗奶主要对十二指肠和空肠的发育影响较显著。

参考文献：

[1] 张致平.β−内酰胺类抗生素研究的进展(Ⅰ)[J].中国抗生素杂志,2000,25(2):81–86.

[2] SCHAEREN W.Fakten zur Verfu tterung von antibiotikahaltiger Milch an Kalber[J].ALP Forum,2006,35:1–2.

[3] 顾佳升,张书义,韩荣伟.巴氏杀菌工艺是引领我国奶业走出困境的核心技术[J].中国奶牛,2016(8):60–65.

[4] 刘根涛,卜登攀,赵连生,等.巴氏初乳对犊牛生长性能及胃肠道发育的影响[J].中国畜牧兽医,2017,44(6):1714–1719.

[5] 国家科学研究委员会组织.奶牛营养需要[M].孟庆翔,译.北京:中国农业大学出版社,2002:21–22.

[6] 张蓉.能量水平及来源对早期断奶犊牛消化代谢的影响研究[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2008.

[7] LARSON L L,OWEN F G,ALBRIGHT J L,et al.Guidelines toward more uniformity in measuring and reporting calf experimental data[J].Journal of Dairy Science,1977,60(6):989–991.

[8] JORGENSEN M,HOFFMAN P,NYTES A.Efficacy of on-farm pasteurized waste milk systems on upper Midwest dairy and custom calf rearing operations[J/OL].Professional Animal

Scientist,2005.http://www.extension.umn.edu/agriculture/dairy/beef/on-farm-pasteurized-waste-milk-systems.pdf

[9] 臧长江,王加启,杨永新,等.热处理牛乳中乳蛋白变化的比较蛋白质组学的研究[J].畜牧兽医学报,2012,43(11):1754–1759.

[10] WELPER R D,FREEMAN A E.Genetic parameters for yield traits of holsteins,including lactose and somatic cell score[J].Journal of Dairy Science,1992,75(5):1342–1348.

[11] 朱正鹏,单安山,薛艳林,等.牛乳体细胞数对牛奶品质的影响[J].中国畜牧杂志,2006,42(13):47–50.

[12] SHARMA N,SINGH N K,BHADWAL M S.Relationship of somatic cell count and mastitis:an overview[J].Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,2011,24(3):429–438.

[13] CECILIANI F,CERON J J,ECKERSALL P D,et al.Acute phase proteins in ruminants[J].Journal of Proteomics,2012,75(14):4207–4231.

[14] 李龙柱,张富新,葛萍,等.巴氏杀菌对原料羊乳卫生质量的影响[J].食品工业科技,2014,35(1):223–226.

[15] JORGENSEN M A,HOFFMAN P C,NYTES A J.A field survey of on-farm milk pasteurization efficacy[J].Professional Animal Scientist,2006,22(6):472–476.

[16] AUST V,KNAPPSTEIN K,KUNZ H J,et al.Feeding untreated and pasteurized waste milk and bulk milk to calves:effects on calf performance,health status and antibiotic resistance of faecal bacteria[J].Journal of Animal Physiology and Animal Nutrtion,2013,97(6):1091–1103.

[17] 宋健,韩盈利,周波,等.规模奶牛场哺乳犊牛饲喂巴氏消毒奶的效果观察[J].新疆畜牧业,2013(10):39–40.

[18] VAN DE STROET D L,DÍAZ J A C,STALDER K J,et al.Association of calf growth traits with production characteristics in dairy cattle[J].Journal of Dairy Science,2016,99(10):8347–8355.

[19] 莫放. 养牛生产学[M].2 版.北京:中国农业大学出版社,2010.

[20] HILL S R,KNOWLTON K F,DANIELS K M,et al.Effects of milk replacer composition on growth,body composition,and nutrient excretion in pre-weaned Holstein heifers[J].Journal of Dairy Science,2008,91(8):3145–3155.

[21] STEWART S,GODDEN S,BEY R,et al.Preventing bacterial contamination and proliferation during the harvest,storage,and feeding of fresh bovine colostrum[J].Journal of Dairy Science,2005,88(7):2571–2578.

[22] STABEL J R,HURD S,CALVENTE L,et al.Destruction of *Mycobacterium paratuberculosis,Salmonella* spp.,and *Mycoplasma* spp.in raw milk by a commercial on-farm high-temperature,short-time pasteurizer[J].Journal of Dairy Science,2004,87(7):2177–2183.

[23] GODDEN S M,FETROW J P,FEIRTAG J M,et al.Economic analysis of feeding pasteurized nonsaleable milk versus conventional milk replacer to dairy calves[J].Journal of the American Veterinary Medical Association,2005,226(9):1547–1554.

[24] 杨盛,魏勇,何红,等.不同喂奶方式对哺乳期犊牛发病率的影响[J].新疆畜牧业,2013(5):26–27.

[25] 陈庆华,王欣.冷藏温度及时间对巴氏杀菌乳品质的影响研究[J].食品科技,2009,34(1):84–87.

[26] 董晓丽.益生菌的筛选鉴定及其对断奶仔猪、犊牛生长和消化道微生物的影响[D].博士学位论文.北京:中国农业科学院,2013.

[27] TIMMERMAN H M,KONING C J M,MULDER L,et al.Monostrain,multistrain and multispecies probiotics—A comparison of functionality and efficacy[J].International Journal of Food Microbiology,2004,96(3):219–233.

[28] 邢建军,李德发,代建国.颗粒饲料加工工艺研究进展[J].饲料工业,2001,22(8):7–10.

[29] ANDERSON K L,NAGARAJA T G,MORRILL J L,et al.Ruminal microbial development in conventionally or early-weaned calves[J].Journal of Animal Science,1987,64(4):1215–1226.

[30] BROWNLEE A.Development of rumen papillae in calves fed with different diets[J].The British Journal of Animal Behaviour,1956,4(2):76.

[31] HUBER J T.Development of the digestive and metabolic apparatus of the calf[J].Journal of Dairy Science,1969,52(8):1303–1315.

[32] LESMEISTER K E,TOZER P R,HEINRICHS A J.Development and analysis of a rumen tissue sampling procedure[J].Journal of Dairy Science,2004,87(5):1336–1344.

[33] 周怿.酵母β-葡聚糖对早期断奶犊牛生长性能及胃肠道发育的影响[D].博士学位论文.北京:中国农业科学院,2010.

[34] 李辉.蛋白水平与来源对早期断奶犊牛消化代谢及胃肠道结构的影响[D].博士学位论文.北京:中国农业科学院,2008.

[35] 李玉.不同植物蛋白含量代乳粉对早期断奶犊牛胃肠组织形态的影响[D].硕士学位论文.杨凌:西北农林科技大学,2009.

[36] EVANS E W,PEARCE G R,BURNETT J,et al.Changes in some physical characteristics of the digesta in the reticulo-rumen of cows fed once daily[J].British Journal of Nutrition,1973,29(3):357–376.

[37] 韩正康.家畜营养生理学[M].北京:农业出版社,1993.

[38] DUNSFORD B R,KNABE D A,HAENSLY W E.Effect of dietary soybean meal on the microscopic anatomy of the small intestine in the early-weaned pig[J].Journal of Animal Science,1989,67(7):1855–1863.

[39] 杨玉荣,佘锐萍,张日俊,等.大豆活性肽对肉鸡肠道黏膜结构的影响[J].中国畜牧杂志,2006,42(15):13–15,56.

[40] 陈瑞芳,郭傲民,耿丹,等.水牛初乳粉和常乳粉对新生仔猪小肠组织形态结构的影响[J].中国畜牧兽医,2014,41(4):137–143.

[41] 姚浪群,萨仁娜,佟建明,等.安普霉素对仔猪肠道微生物及肠壁组织结构的影响[J].畜牧兽医学报,2003,34(3):250–257.

[42] 王子旭,佘锐萍,陈越,等.日粮锌硒水平对肉鸡小肠黏膜结构的影响[J].中国兽医科学,2003,33(7):18–21.

[43] 徐永平,李淑英,布莱恩·米恩.哺乳期补料对仔猪胃肠道发育和生产性能的影响[J].饲料研究,2001(2):6–8.

Effects of Pasteurized β-Lactam Antibiotic Milk on Growth and Development of Gastrointestinal Tract of Calves

XIN Xiaoyue QU Yongli* YUAN Xue GAO Yan WANG Lu YIN Shuxin ZHANG Shuai

（*College of Animal Science and Technology*, *Heilongjiang Bayi Agricultural University*, *Daqing* 163319, *China*）

Abstract: This study was performed to investigate the effects of feeding pasteurized β−lactam antibiotic milk on growth and development of gastrointestinal tract of calves. Eighteen 3-day-old healthy Holstein male calves with an similar body weight were randomly divided into 2 groups. Calves in control group were fed β−lactam antibiotic milk, and those in experimental group were fed pasteurized β−lactam antibiotic milk. The pasteurization condition was as follows: milk was heated at 63 to 65 ℃ for 30 min. Calves were weaned at 60 days of age, and the experiment period was 180 days. The results showed as follows: 1) compared with β−lactam antibiotic milk, the counts of total bacteria, *Escherichia coli* and *Salmonella* in pasteurized β−lactam antibiotic milk were significantly decreased ($P<0.01$); 2) compared with the control group, average daily gain of calves during 3 to 60 days of age of experimental group was significantly higher ($P<0.05$), fecal score and diarrhea rate of calves during 3 to 10 days of age and 3 to 60 days of age of experimental group were significantly lower ($P<0.05$); 3) there was no significant difference in the papilla height, papilla width and mucosal thickness of dorsal sac of the rumen and ventral sac of the rumen between experimental group and control group at 60, 90 and 180 days of age ($P>0.05$); compared with the control group, duodenum villous height and villous height/crypt depth of experimental group at 60 days of age were significantly increased ($P<0.05$), duodenum crypt depth of experimental group at 90 days of age was significantly decreased ($P<0.05$), jejunum villous width at 90 days of age, jejunum villous height/crypt depth at 90 and 180 days of age were significantly higher ($P<0.05$), jejunum crypt depth was significantly decreased at 60, 90 and 180 days of age ($P<0.05$); there was no significant difference in the ileum histomorphology between 2 groups at each time point ($P>0.05$). The results prove that feeding pasteurized β−lactam antibiotic

milk can improve growth and development of lactating calves, and can promote calves' gastrointestinal development, mainly in promoting development of small intestine morphology.

Key words: calves; antibiotic milk; pasteurisation; growth; gastrointestinal tract development

* Corresponding author, professor, E-mail: Ylqu007@126.com （责任编辑　陈　鑫）